운전자 좌석 세팅, 발 접촉면 전략, 신발 특성, 그리고 지각된 경계 근접이 페달 인식 오류에 미치는 영향
(Seat Positioning, Foot Contact Strategy, Footwear Characteristics, and Perceived Boundary Proximity in Pedal Misapplication)
2026년 2월 5일 노태윤

---

1. 기록 목적 (Purpose of This Record)

본 기록은 운전 중 발생하는 **페달 오조작**(accelerator-brake misapplication) 현상을 개인 실수나 숙련도 문제로 환원하지 않고,
좌석 세팅, 발 조작 방식, 신발 특성, 차량 실내 경계에 대한 지각 인식이라는 인간-기계 인터페이스 관점에서 구조적으로 재정의하기 위해 작성되었다.
특히 본 기록은 다차종 운전 경험(대리운전 포함)을 통해 반복 관찰된 **감각 혼란 발생 조건과 즉각적인 보정 행동**을 정식 개념으로 정리하여,
향후 실험 연구 및 학술 논문화의 기초 자료로 활용하는 것을 목적으로 한다.

---

2. 문제 인식 (Problem Definition)

운전자는 주행 중 시선을 전방에 고정한 상태에서
페달을 시각적으로 확인하지 않고
발 위치 감각, 촉각 피드백, 그리고 학습된 공간 기억에 의존해 페달을 조작한다.
이때 다음 조건이 중첩될 경우,
물리적 장애물이 없더라도 **감각 인식 오류**가 발생할 수 있음이 관찰되었다.

* 좌석 세팅이 미조정된 상태
* 차량 실내 구조가 심리적으로 좁게 인식되는 경우
* 발 전체 면적을 사용하는 조작 습관
* **신발이 과도하게 크거나 두꺼운 경우**
(예: 장화, 두꺼운 러닝화, 부츠형 신발)

특히 신발 특성은
페달과 발 사이의 **촉각 해상도**(haptic resolution) 를 저하시켜

페달 정체성(악셀/브레이크) 인식 오류를 증폭시키는 요인으로 작용할 수 있다.

---

3. 핵심 관찰 내용 (Key Observations)

3.1 좌석 세팅과 감각 안정성

* 좌석을 충분히 뒤로 이동하지 않은 상태에서는
발목 중심의 미세 조작이 어려워지고
다리 전체 힘에 의존한 조작이 증가함.

* 좌석 재조정 후 발 위치 감각과 페달 인식이 빠르게 안정됨.

3.2 발 접촉면 전략

* 발바닥 전체를 사용하는 조작은
촉각 정보가 평균화되어 페달 간 구분이 흐려짐.

* 신발 앞쪽 약 10-15cm를 중심으로 한 발끝 조작은
잘못된 입력 발생 시 즉각적인 중단(foot-off)을 가능하게 함.

3.3 신발 특성(Footwear Characteristics)의 영향

*** 신발이 과도하게 크거나 두꺼운 경우**,
페달과의 실제 접촉 여부와 관계없이
발은 더 넓은 면적과 둔화된 촉각 정보를 기반으로 움직이게 된다.

* 장화, 두꺼운 밑창 신발, 발볼이 넓은 신발은
페달 경계 인식을 흐리게 하며
발 위치 인코딩 정확도를 저하시킬 가능성이 높다.

* 이러한 신발 조건은
특히 좌석 세팅 미보정 상태 또는
페달 주변 경계 구조가 가깝게 인식되는 상황에서
감각 혼란을 증폭시키는 요인으로 작용한다.

3.4 지각된 경계 근접 (Perceived Boundary Proximity)

* 페달 주변 구조물이 실제로 접촉하지 않더라도
경계가 가깝게 *느껴지는 순간*
발의 움직임은 보호 모드로 전환된다.

* 이때 신발이 크거나 두꺼울수록
발은 주변 공간을 더 빨리 “위험 영역”으로 인식하며
조작 정확도가 추가로 저하된다.

---

4. 개념적 해석 (Conceptual Interpretation)

본 기록은 페달 오조작을
다음과 같은 **감각 기반 연쇄 과정**으로 해석한다.

1. 차량 실내 구조 인식
2. 지각된 경계 근접 형성
3. 신발 특성에 따른 촉각 해상도 저하
4. 발 조작 전략의 무의식적 변화
5. 발 위치 및 페달 정체성 인식 오류
6. 놀람 반응과 힘 유지(hold/freeze)
7. 페달 오조작 발생

이에 대응하여 운전자가 수행하는
* 좌석 재조정
* 발 접촉면 축소
* 발목 중심 조작 회복

은 감각 체계를 안정화시키는 **자기 보정**(recalibration) **메커니즘**으로 작동한다.

---

5. Figure 1 개념 정의 (Referenced Conceptual Figure)

Figure 1은 다음 요소를 포함한

저자 오리지널 개념 다이어그램으로 정의된다.

Vehicle Interior Geometry
Perceived Boundary Proximity
Footwear Characteristics
Altered Foot Motor Strategy
Sensory Encoding Error
Hold / Freeze Phenomenon
Seat Repositioning
Reduced Foot Contact Area
Ankle–Dominant Control Restoration

---

6. 기록의 의의 (Significance)

본 기록은 다음과 같은 확장된 의의를 가진다.

* 페달 오조작을 **개인 실수 → 감각·설계·사용 조건의 결합 문제**로 전환
* **신발 특성**이라는 일상적이지만 간과된 변수를 구조적으로 포함
* 운전자 교육 및 안전 가이드에

"좌석 세팅 + 발 사용 + 신발 선택" 이라는 즉각적 실천 기준 제시

---

7. 범위와 한계 (Scope and Limitations)

* 본 기록은 실험적 검증 이전 단계의 개념 기록이다.
* 신발 특성의 영향은 관찰 기반 가설로 제시된다.
* 향후 실험 연구를 통해 정량적 검증이 필요하다.

---

8. 기록 선언 (Record Declaration)

본 문서는
운전 중 페달 인식 오류를
좌석 세팅, 발 조작 전략, 신발 특성, 지각된 공간 경계의 상호작용으로
최초 구조화하여 기록한 개념 문서이다.
본 기록은 예측이나 책임 귀속이 아닌,
재현 가능한 감각 조건과 보정 행동을 남기는 데 목적이 있다.

Author Note

This document constitutes an original conceptual archive intended as a foundation for empirical validation, experimental design, and future academic publication.

[기본 인지 메커니즘]
  └── 인간의 감각 오류 / 보정 패턴
      ├── 일반 운전
      ├── 고령 운전자
      └── 자율주행·자동화 전환 구간

9. 왜 이 문제는 분리해서 설명될 수 없는가

(Why These Factors Must Be Explained as a Single Cognitive Pattern)

본 기록에서 다룬 **좌석 세팅, 발 접촉면 전략, 신발 특성, 그리고 지각된 경계 근접**은
서로 독립된 요인이 아니라,
운전 중 인간이 수행하는 **하나의 연속된 인지-운동 패턴**의 서로 다른 표현 양상이다.
따라서 이를
* 운전 습관,
* 인간공학 요소,
* 고령 운전자 문제,
* 자율주행 개입 이슈

등으로 분리하여 각각 다루는 것은
현상을 설명하기에는 오히려 불완전한 접근이 된다.

9.1 동일한 원인, 다른 상황

본 기록에서 관찰된 페달 인식 오류는
특정 연령, 특정 차량, 특정 기술 단계에서만 발생하는 문제가 아니다.
다음과 같은 서로 다른 상황에서도
동일한 인지 패턴이 반복적으로 나타난다.

* 급히 차량에 탑승해 좌석 세팅 없이 운전을 시작하는 경우
* 페달 주변이 심리적으로 좁게 느껴지는 차량 구조
* 발 전체 면적 또는 두꺼운 신발을 사용한 조작
* 놀람이나 급박함이 개입된 상황
* 자율주행 또는 자동화 상태에서 인간이 갑작스럽게 개입하는 순간

이들은 모두
“판단 이전 단계에서 감각과 운동이 먼저 흔들리는 조건”이라는
공통된 구조를 가진다.

9.2 분리할수록 원인은 사라진다

페달 오조작을

* 개인의 부주의,
* 고령 운전자의 반응 저하,
* 자동화 시스템의 한계

중 하나로만 설명할 경우,
사고는 설명되지만 **재현 가능한 예방 기준**은 남지 않는다.
본 기록은 이러한 단절을 피하기 위해
문제를 하나의 연속 구조로 묶는다.

경계가 가깝게 느껴짐 →
발 조작 전략 변화 →
감각 인코딩 오류 →
놀람 반응 →
힘 유지(hold/freeze) →
오조작 발생

이 연쇄는

운전 환경이 수동이든, 반자동이든, 자동화 상태이든
동일하게 작동한다.

9.3 자동화는 새로운 문제가 아니라, 증폭기다

자율주행 및 운전자 보조 시스템은
새로운 인지 문제를 만들어내기보다는,
기존에 존재하던 **인간의 감각 취약 구간을 증폭**시킨다.
자동화 전환 구간에서 문제가 되는 것은
운전자가 "무엇을 판단했는가"가 아니라,
어떤 상태의 몸으로 개입했는가이다.
따라서 본 기록의 개념은
자동화 연구의 부속 주제가 아니라,
그 하부에 위치한 기초 인지 레이어로 다루어져야 한다.

9.4 하나의 프레임으로 고정해야 하는 이유

이 기록을 분리하지 않고
하나의 프레임으로 유지하는 이유는 명확하다.

* 감각 오류는 단일 요인으로 발생하지 않는다.
* 보정 행동 역시 단일 조치로 완성되지 않는다.
* 좌석, 발, 신발, 공간 인식은 항상 동시에 작동한다.

따라서 본 기록은
"운전 습관 모음"이나 "안전 팁"이 아니라,
인간-기계 상호작용에서 반복되는 인지 패턴의 구조 기록으로 남아야 한다.

9.5 기록의 위치 선언

본 기록에서 하나의 인지 패턴으로 구조화한 것은
인간의 인식과 판단이 획일적이라는 전제를 의미하지 않는다.
본 기록의 인지 패턴은 개별 차이를 제거하기 위한 단순화가 아니라,

차이가 개입되기 이전 단계에서 반복적으로 관찰되는
인식-감각-운동 연결의 최소 공통 구조를
식별 가능하게 고정하기 위한 참조 프레임이다.

Record Note

본 섹션은 본 기록이
일반 운전, 고령 운전자, 자동화 전환 상황을
서로 다른 문제가 아닌
동일한 인지 패턴의 다른 표현으로 다룬다는 점을 명시하기 위해 추가되었다.